

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-126925
 (43)Date of publication of application : 11.05.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 09-307945

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD

(22)Date of filing : 21.10.1997

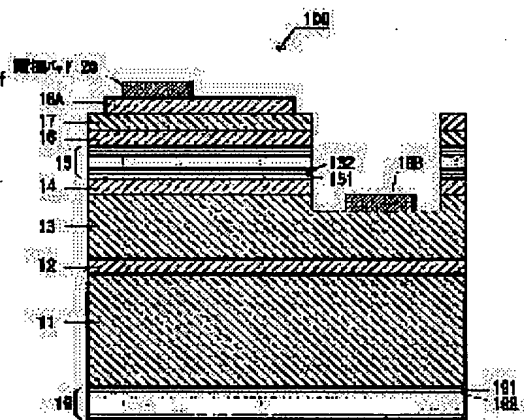
(72)Inventor : KAMIMURA TOSHIYA

(54) GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve amount of light extracted from an electrode side.

SOLUTION: A buffer layer 12 consisting of AlN, a high carrier concentration n+-layer 13 consisting of Si-doped GaN, a clad layer 14 consisting of Si-doped n-type GaN, an emitting layer 15 of MQW, in which a barrier layer 151 consisting of GaN and a well layer 152 consisting of Ga_{0.8}In_{0.2}N are alternately laminated, a clad layer 16 consisting of p-type Al_{0.15}Ga_{0.85}N, and a contact layer 17 consisting of p-type GaN are successively formed on a substrate 11. A light-transmitting electrode 18A due to metal deposition and an electrode 18B are formed on the contact layer 17 and the n+-layer 13, respectively, and an electrode pad 20 is formed on one portion of an electrode 18A. A reflection film 19 in which a first reflection film 191 made of SiO₂ with a thickness of 125 nm and a second reflection film 192 made of TiO₂ with a thickness of 125 nm are laminated alternately for 10 cycles is formed on the lower surface of the electrode 18A. The wavelength region of emission due to the emitting layer 15 is located in the region of reflection factor of 90% or higher due to the reflection film 19, thus effectively reflecting light due to the reflection film 19 and increasing the emission intensity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-126925

(43)公開日 平成11年(1999)5月11日

(51)Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平9-307945

(22)出願日

平成9年(1997)10月21日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地

(72)発明者 上村 俊也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

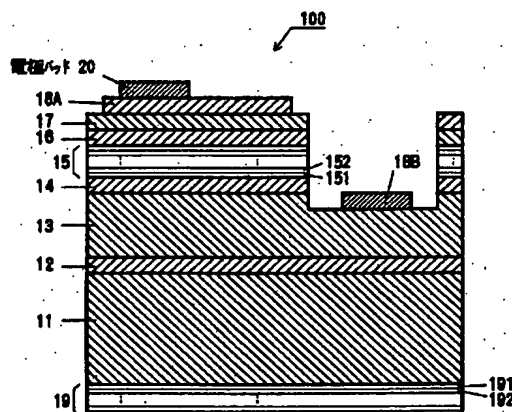
(74)代理人 弁理士 藤谷 修

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】電極側からの光取り出し量を向上させること。

【解決手段】基板11上に、AlNから成るバッファ層12、SiドープのGa_Nから成る高キャリア濃度n⁺層13、Siドープのn型Ga_Nから成るクラッド層14、Ga_Nから成るバリア層151とGa_{0.8}In_{0.2}Nから成る井戸層152が交互に積層されたMQWの発光層15、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nから成るクラッド層16、p型Ga_Nから成るコンタクト層17が順次形成されている。コンタクト層17上には金属蒸着による透光性の電極18Aが、n⁺層13上には電極18Bが形成され、電極18A上の一部に電極パッド20が形成されている。基板11の下面には、膜厚125nmのSiO₂から成る第1反射膜191と、膜厚125nmのTiO₂から成る第2反射膜192とが交互に10周期積層された反射膜19が形成されている。発光層15による発光の波長領域は、反射膜19による90%以上の反射率の領域内にあるので、反射膜19により効果的に光が反射され、発光強度を高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体から成る層が積層され、所定の波長領域の光が得られる発光素子において、

前記基板に対して同じ側に正負の各電極が形成され、該各電極が形成された側と異なる側の前記基板上に、前記波長領域近傍の光を反射させ、前記波長領域近傍以外の光を透過させる反射膜が形成されたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記反射膜は、屈折率が1.5より小さな膜と屈折率が1.8より大きな膜との積層構造により構成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記反射膜は、前記基板上に屈折率が1.5より小さな膜、屈折率が1.8より大きな膜の順に積層されたことを特徴とする請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 屈折率が1.5より小さな膜がSiO₂、MgF₂、CaF₂、LiF、AlF₃から選ばれる少なくとも1つであり、屈折率が1.8より大きな膜がTiO₂、Y₂O₃、ZrO₂、CeO₂、HfO₂、Ta₂O₅から選ばれる少なくとも1つであることを特徴とする請求項2又は3に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記反射膜は、前記基板上に酸化珪素(SiO₂)、酸化チタン(TiO₂)の順に積層されたことを特徴とする請求項2乃至4に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記反射膜は、膜厚約125nmの酸化珪素(SiO₂)と、膜厚約125nmの酸化チタン(TiO₂)とが交互に2周期以上積層されたことを特徴とする請求項5に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、基板に対して同じ側に電極が形成された窒化ガリウム(GaN)系化合物半導体発光素子に関し、特に、電極側からの光取り出し量を向上させたものに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、GaN系化合物半導体発光素子では、絶縁性のサファイア基板上に半導体層を積層し、その同じ側に正負の各電極を設けた構成としている。この発光素子30をリードフレーム31上に配置した模式的断面図を図9に示す。発光素子30は、所定の波長で発光する発光層34を有し、正負の各電極35、36は基板33に対して上側に設けられている。そして、基板33の下面が樹脂材で構成されたペースト32を用いてリードフレーム31上にダイボンディングされている。又、図示していないが、各電極35、36は所定の部位とワイヤボンディングにより電気的に接続され、電極35、36側から光を取り出す構成としている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来技術では、発光層34から得られる発光の方向に選択性がないので、基板33の下面における反射光が、電極35、36側からの光取り出し量に大きく寄与することになるが、基板33下面に設けられたペースト32により光が吸収されるために光の反射効率が良くなく、発光強度が低いという問題がある。又、ペースト32は、雰囲気温度や素子30の駆動により発生する熱によって経時的に劣化(黄色に変色)するため、反射光が減少し、経時的な光度の劣化が生ずるという問題もある。そこで、基板33の下面に金属層を形成して光の反射効率を高め、高発光強度を得る方法が考えられる。通常では、基板33の硬度が大きいため、ウエハの分離の際には基板33を研磨して薄板化し、その後に基板33の下面からスクライビングし、ブレーキングすることでウエハを分離している。ここで、スクライビングの前に基板33の下面に反射のための金属層を形成すれば、金属層は透明ではないので、スクライビング時の位置合わせが困難となる。又、スクライビングの後に金属層を形成すれば、ウエハには電極35、36側に粘着シートが貼着された状態であるので、ウエハ下面の洗浄が困難となり、金属層の形成時に加熱できないため、金属層と基板33下面との密着性を得ることができない。言うまでもなく、薄肉化されたウエハから粘着シートをはがすことは困難である。

【0004】 従って、本発明の目的は、上記課題に鑑み、GaN系化合物半導体発光素子において、サファイア基板の下面側からの光の反射を経時的に良好とし、電極側からの光取り出し量を向上させることである。合わせて、素子形成の容易な発光素子を実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために、請求項1に記載の手段によれば、基板上にGaN系化合物半導体から成る層が積層され、所定の波長領域の光が得られる発光素子において、基板に対して同じ側に正負の各電極が形成され、各電極が形成された側と異なる側の基板上に、所定の波長領域近傍の光を反射させ、その波長領域近傍以外の光を透過させる反射膜が形成される。これにより、発光素子から基板側に出力される所定の波長領域の光が、反射膜により反射されるので、素子の発光強度を高めることができる。又、所定の波長領域以外の光は反射膜を透過するので、反射膜側から基板を認識することができ、素子の分離工程を容易に行うことができる。

【0006】 又、請求項2に記載の手段によれば、反射膜を、屈折率1.5より小さい膜と1.8より大きな膜との積層構造とすることにより、光を経時的に良好に反射することができる。

【0007】 請求項3に記載の手段によれば、基板上

に、屈折率が1.5より小さな膜、屈折率が1.8より大きな膜の順次積層により、反射膜が構成される。低屈折率材料が最初に基板上に形成されることで、光反射の入射角への依存度を低減でき、より効果的に光を反射できる。

【0008】請求項4に記載の手段によれば、屈折率が1.5より小さな膜を SiO_2 、 MgF_2 、 CaF_2 、 LiF 、 AlF_3 から選ばれる少なくとも1つとし、屈折率が1.8より大きな膜が TiO_2 、 Y_2O_3 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 HfO_2 、 Ta_2O_5 から選ばれる少なくとも1つとすることで、発光波長に対して反射率が高く、その他の波長に対して透過率の高い波長選択性の高い反射膜を形成することができる。

【0009】請求項5に記載の手段によれば、反射膜を、基板上に酸化珪素(SiO_2)、酸化チタン(TiO_2)の順に積層した層とすることで、より具体的に、発光波長に対して反射率が高く、その他の波長に対して透過率の高い波長選択性の高い反射膜を形成することができる。

【0010】請求項6に記載の手段によれば、膜厚約125nmの酸化珪素(SiO_2)と膜厚約125nmの酸化チタン(TiO_2)とが交互に2周期以上積層されて反射膜が構成されることで、450～560nmの波長領域の光に対して高い反射率を得ることができ、640～780nmの波長領域の光に対して高い透過率を得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、サファイア基板11上に形成されたGa_{0.8}In_{0.2}N系化合物半導体で形成された発光素子100の模式的な断面構成図である。基板11の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約25nmのパッファ層12が設けられ、その上にシリコン(Si)ドーパのGa_{0.8}In_{0.2}Nから成る膜厚約4.0 μm の高キャリア濃度 n^+ 層13が形成されている。この高キャリア濃度 n^+ 層13の上にSiドーパの n 型Ga_{0.8}In_{0.2}Nから成る膜厚約0.5 μm のクラッド層14が形成されている。そして、クラッド層14の上に膜厚約35ÅのGa_{0.8}In_{0.2}Nから成るバリア層151と膜厚約35ÅのGa_{0.8}In_{0.2}Nから成る井戸層152とが交互に積層された多重量子井戸構造(MQW)の発光層15が形成されている。バリア層151は6層、井戸層152は5層である。発光層15の上には p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成る膜厚約50nmのクラッド層16が形成されている。さらに、クラッド層16の上には p 型Ga_{0.8}In_{0.2}Nから成る膜厚約10nmのコンタクト層17が形成されている。尚、第1反射膜と第2反射膜の積層の周期は2周期以上あれば、その効果を生ずる。望ましくは10周期以上である。

【0012】又、コンタクト層17の上には金属蒸着による透光性の電極18Aが、 n^+ 層13上には電極18Bが形成されている。透光性の電極18Aは、コンタクト層17に接合する膜厚約15Åのコバルト(Co)と、 Co に接合する膜厚約50Åの金(Au)とで構成されている。電極18Bは膜厚約200Åのパナジウム(V)と、膜厚約1.8

μm のアルミニウム(Al)又は Al 合金で構成されている。電極18A上の一部には、 Co もしくは Ni と Au 、 Al 、又は、それらの合金から成る膜厚約1.5 μm の電極パッド20が形成されている。又、基板11の下面には、膜厚約125nmの酸化珪素(SiO_2)から成る第1反射膜191と、膜厚約125nmの酸化チタン(TiO_2)から成る第2反射膜192とが交互に10周期積層された反射膜19が形成されている。尚、第1反射膜と第2反射膜の積層周期は2周期以上あればその効果を生ずる。望ましくは10周期以上である。

【0013】次に、この発光素子100の製造方法について説明する。上記発光素子100は、有機金属気相成長法(以下「MOVPE」と略す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア(NH_3)、キャリアガス(H_2 、 N_2)、トリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム($\text{In}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMI」と記す)、シラン(SiH_4)とシクロペンタジエニルマグネシウム($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) (以下「 CP_2Mg 」と記す)である。まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した a 面を主面とした単結晶の基板11をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で H_2 を反応室に流しながら温度1100℃で基板11をベーキングした。次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 、 NH_3 及びTMAを供給して AlN のパッファ層12を約25nmの膜厚に形成した。

【0014】次に、基板11の温度を1150℃に保持し、 H_2 、 NH_3 、TMG及びシランを供給し、膜厚約4.0 μm 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のGa_{0.8}In_{0.2}Nから成る高キャリア濃度 n^+ 層13を形成した。次に、基板11の温度を1150℃に保持し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG、TMA及びシランを供給して、膜厚約0.5 μm 、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のGa_{0.8}In_{0.2}Nから成るクラッド層14を形成した。上記のクラッド層14を形成した後、続いて、 N_2 又は H_2 、 NH_3 及びTMGを供給して、膜厚約35ÅのGa_{0.8}In_{0.2}Nから成るバリア層151を形成した。次に、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG及びTMIを供給して、膜厚約35ÅのGa_{0.8}In_{0.2}Nから成る井戸層152を形成した。さらに、バリア層151と井戸層152を同一条件で4周期形成し、その上にGa_{0.8}In_{0.2}Nから成るバリア層151を形成した。このようにして5周期のMQW構造の発光層15を形成した。

【0015】次に、基板11の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG、TMA及び CP_2Mg を供給して、膜厚約50nm、マグネシウム(Mg)をドーパした p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から成るクラッド層16を形成した。次に、基板11の温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 、 NH_3 、TMG及び CP_2Mg を供給して、膜厚約100nm、 Mg をドーパした p 型Ga_{0.8}In_{0.2}Nから成るコンタクト層17を形成した。次に、コンタクト層17の上にエッチングマスクを形成し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分

のコンタクト層 17、クラッド層 16、発光層 15、クラッド層 14、 n^+ 層 13の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 n^+ 層 13の表面を露出させた。次に、以下の手順で、 n^+ 層 13に対する電極 18Bと、コンタクト層 17に対する透光性の電極 18Aとを形成した。

【0016】(1) フォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィにより n^+ 層 13の露出面上の所定領域に窓を形成して、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約 200Å のバナジウム(V) と膜厚約 1.8 μ m のAlを蒸着した。次に、フォトレジストを除去する。これにより n^+ 層 13の露出面上に電極 18Bが形成される。

(2) 次に、表面上にフォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、コンタクト層 17の上の電極形成部分のフォトレジストを除去して、窓部を形成する。

(3) 蒸着装置にて、フォトレジスト及び露出させたコンタクト層 17上に、 10^{-6} Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約 15Å のCoを成膜し、このCo上に膜厚約 60Å のAuを成膜する。

【0017】(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法によりフォトレジスト上に堆積したCo、Auを除去し、コンタクト層 17上に透光性の電極 18Aを形成する。

(5) 次に、透光性の電極 18A上の一部にボンディング用の電極パッド 20を形成するために、フォトレジストを一様に塗布して、その電極パッド 20の形成部分のフォトレジストに窓を開ける。次に、CoもしくはNiとAu、Al、又は、それらの合金を膜厚 1.5 μ m程度に、蒸着により成膜させ、(4)の工程と同様に、リフトオフ法により、フォトレジスト上に堆積したCoもしくはNiとAu、Al、又はそれらの合金から成る膜を除去して、電極パッド 20を形成する。

(6) その後、試料雰囲気真空ポンプで排気し、 O_2 ガスを供給して圧力 3Paとし、その状態で雰囲気温度を約 550℃にして、3分程度、加熱し、コンタクト層 17、クラッド層 16をp型低抵抗化すると共にコンタクト層 17と電極 18Aとの合金化処理、 n^+ 層 13と電極 18Bとの合金化処理を行った。このようにして、反射膜 19のないウエハが形成される。

【0018】次に、図2～図7を用いて、反射膜 19の形成と素子の分離について以下に説明する。まず、図2に模式的断面図を示すように、ブレード 40を用いて基板 11に達する程度の深さにダイシングし、分離溝 21を形成する。次に、図2のウエハにおいて、研磨盤を用いて基板 11の下面 11bを研磨し、基板 11を薄板化する。これにより、図3に示す断面構成が得られる。

【0019】次に、基板 11の下面 11bに膜厚約 125nm の酸化珪素(SiO_2)から成る第1反射膜と、膜厚約 125nm の酸化チタン(TiO_2)から成る第2反射膜とが交互に10

周期積層形成する。このようにして、図4に示すように、反射膜 19が形成される。次に、電極パッド 20上に、粘着シート 22を貼着し、図5に示す構成を得る。この状態を、反射膜 19側から見ると、分離溝 21の部分が最も薄肉であるので、分離溝 21を視覚的に認識することができる。反射膜 19側からウエハを見た状態を示せば、図6のようになる。次に、反射膜 19側から、分離溝 21に沿ってスクライバを用いて基板 11に達する程度にスクライピングし、スクライプライン 23を形成する。この状態の断面構成を示せば、図7のようになる。次に、ローラを用いてウエハに荷重を作用させて、ウエハをチップに分離し、図1の構成が得られる。

【0020】上記に示すように、基板 11下面に反射膜 19を形成することにより、発光層 15より出力される光を効果的に反射できる。図8は、発光層 15による発光スペクトルと、反射膜 19による反射率とを示した特性図である。この図に示されるように、発光スペクトルの波長領域は、反射膜 19による反射率が90%以上の領域内であることがわかる。これにより、反射膜 19により光を効果的に反射することができ、発光強度を高めることができる。尚、本実施例では、膜厚約 125nm の SiO_2 から成る第1反射膜 191と膜厚約 125nm の TiO_2 から成る第2反射膜 192とを交互に10周期積層することにより、450～560nmの波長領域の光に対して90%以上の反射率を得ると共に、640～780nmの波長領域の光に対して80%以上の透過率を得ることができた。又、低屈折率材料(屈折率 $n=1.45$)の SiO_2 を最初に基板 11上に形成し、その上に高屈折率材料(屈折率 $n=2.3$)の TiO_2 を形成することで、光反射の入射角への依存度を低減でき、より効果的に光を反射できる。又、反射膜 19は透光性であるので、反射膜 19側からダイシングによる分離溝 21を視覚的に認識できる。よって、基板 11の下面に反射膜 19を形成した後のスクライピングが可能となり、素子 100の形成を容易に行える。

【0021】反射膜 19の構成は上記実施例に限定されない。即ち、第1反射膜 191及び第2反射膜 192の各膜厚、積層順序、積層周期数は、任意であってもよく、素子 100の発光波長領域近傍の光を反射できればよい。又、発光素子 100の発光層 15はMQW構造としたが、SQWや $Ga_{0.8}In_{0.2}N$ 等から成る単層、その他、任意の混晶比の4元、3元系のAlGaInNとしても良い。又、p型不純物としてMgを用いたがベリリウム(Be)、亜鉛(Zn)等の2族元素を用いることができる。又、本発明はLEDやLDの発光素子に利用可能であると共に受光素子にも利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例に係わるGaN系化合物半導体発光素子の構造を示した模式的断面図。

【図2】本発明の具体的な実施例に係わるGaN系化合物半導体発光素子の形成方法において、ウエハのダイシン

グ工程を示した模式図。

【図3】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の形成方法において、ウエハの研磨工程を示した模式図。

【図4】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の形成方法において、ウエハ上に反射膜を形成する工程を示した模式図。

【図5】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の形成方法において、電極パッド上に粘着シートを貼着した状態を示した模式図。

【図6】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の形成方法において、ウエハ下面から見た状態を示した模式図。

【図7】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の形成方法において、スクライビング工程を示した模式図。

【図8】本発明の具体的な実施例に係わるGaN 系化合物半導体発光素子の発光スペクトルを示した特性図。

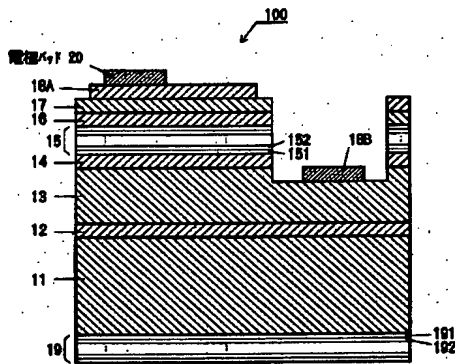
【図9】従来のGaN 系化合物半導体発光素子をリードフ

レーム上に固設した状態を示した模式的断面図。

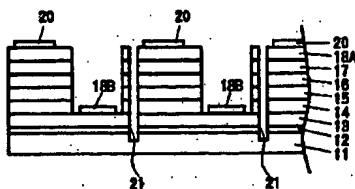
【符号の説明】

1 1	サファイア基板
1 2	バッファ層
1 3	高キャリア濃度 n^+ 層
1 4、1 6	クラッド層
1 5	発光層
1 7	コンタクト層
1 8 A	p 電極
1 8 B	n 電極
1 9	反射膜
2 0	電極パッド
2 1	分離溝
2 2	粘着シート
2 3	スクライブライン
1 0 0	発光素子
1 9 1	第1反射膜
1 9 2	第2反射膜

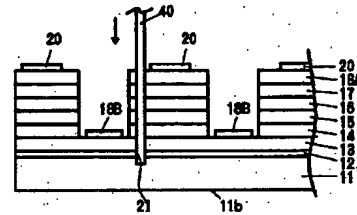
【図1】



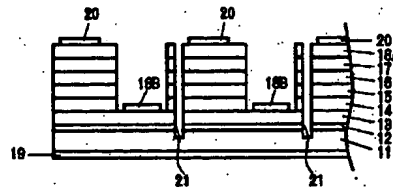
【図3】



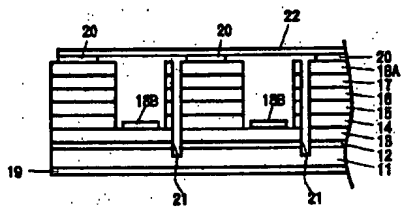
【図2】



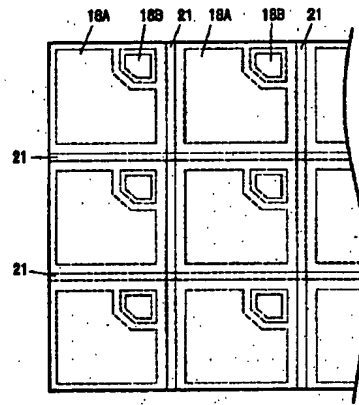
【図4】



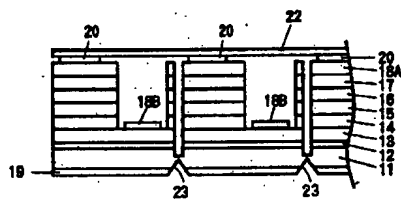
【図5】



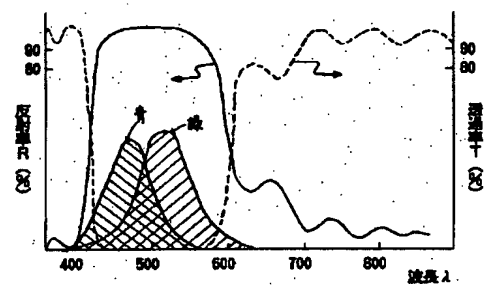
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

